



TUGAS AKHIR - SS 145561

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI ROD DI PT. X CIKARANG

Alya Zukhrvina
NRP 10611500000015

Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI
ROD DI PT. X CIKARANG**

**Alya Zukhruvina
NRP 1061150000015**

**Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - SS 145561

CAPABILITY ANALYSIS OF ROD PRODUCTION PROCESS AT PT. X CIKARANG

**Alya Zukhrvina
NRP 1061150000015**

**Supervisor
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT**

**Study Programme of Diploma III
Departement Of Business Statistics
Faculty Of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI ROD DI PT.X CIKARANG

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ALYA ZUKHRUVINA
NRP. 1061150000015

SURABAYA, 30 MEI 2018

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir



Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT
NIP. 19610311 198701 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS



Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUKSI ROD DI PT. X CIKARANG

Nama : Alya Zukhrvina
NRP : 10611500000015
Program : Diploma III
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Abstrak

Komponen paling utama dari sebuah pintu mobil adalah door lock, yang berfungsi untuk mengunci atau membuka pintu kendaraan dengan satu langkah yang mudah. Agar pintu mobil dapat terkunci dan terbuka secara sempurna, terdapat elemen pengait yang menghubungkan antara handle pintu dengan door lock yang disebut dengan batang besi (rod). Mesin bubut yang digunakan untuk produksi rod di PT. X menghasilkan produk yang keluar batas spesifikasi sehingga menyebabkan adanya produk cacat. Jika terdapat produk cacat maka rod langsung dibuang dan selama ini perusahaan hanya menggunakan check sheet dalam memeriksa kualitas suatu produk, sehingga perusahaan tidak mengetahui penyebab secara spesifik yang berdampak pada kualitas rod. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapabilitas proses produksi rod dan mengetahui faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian dari produk. Dengan menggunakan peta kendali M untuk mengukur variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk mengukur mean proses diperoleh bahwa proses terkendali dan kapabel dimana pada bulan Desember 2017 C_p sebesar 1,66 dan bulan Januari 2018 C_p sebesar 1,72. Penyebab out of control adalah mesin yang kurang konsentrasi pada saat bekerja.

Kata Kunci : Kapabilitas Proses, Peta Kendali M, Peta Kendali T^2 Hotelling.

CAPABILITY ANALYSIS OF ROD PRODUCTION PROCESS AT PT. X CIKARANG

Name : Alya Zukhruvina
NRP : 10611500000015
Programme : Diploma III
Department : Bussiness Statistics Faculty Of Vocations
Supervisor : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Abstract

The main component of a car door is a door lock, which serves to lock or open the door of the vehicle with one easy step. In order for the car door to be locked and fully open, there is a hook element that connects the door handle with a door lock called a rod. Lathe used for rod production at PT. X produces products that are out of specification limits, causing defective products. If there is a defective product then the rod is immediately discarded and so far the company only uses check sheet in checking the quality of a product, so the company does not know the specific cause that impact on rod quality. This study aims to determine the capability of the rod production process and determine the factors causing nonconformity of the product. Using the M control chart to measure process variability and T^2 Hotelling control chart to measure the process mean, it was found that the process was controlled and capable which in December 2017 C_p was 1,66 and January 2018 C_p was 1,72. Causes of out-of-control are machines that tend to care, noisy spaces, and operator faults that lack focus when working.

Keywords : *M Control Chart, Process Capability Analysis, T^2 Hotelling Control Chart.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rod di PT. X Cikarang**”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan serta memberikan perhatian bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si selaku validator dan dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk Tugas Akhir ini.
3. Ibu Iis Dewi Ratih, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi DIII Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan saran dan masukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Ir. Mutiah Salamah Chamid, M.Kes selaku dosen wali yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan pengalaman dan ilmu kepada penulis.
8. Bapak Andi Gunanto selaku pembimbing lapangan di PT. X yang selalu memberikan bimbingan dan telah membagi pengalaman bagi penulis selama pengambilan data untuk Tugas Akhir.

9. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, mendukung serta selalu mencurahkan kasih sayangnya, serta saudara-saudara tersayang yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan selalu mengingatkan selama mengerjakan Tugas Akhir.
10. Alumni Jurusan DIII Statistika ITS yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah berbagi ilmu dan memberikan nasihat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Sahabat-sahabat tercinta Raynanda, Rheinna, Nelly, Yola, Nia, teman-teman fungsionaris HIMADATA-ITS serta seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS khususnya angkatan 2015 “HEROES” dan semua pihak yang selalu memberikan semangat dan doa sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
12. Pihak-pihak lainnya yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis membutuhkan kritik dan saran agar berguna untuk perbaikan berikutnya. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Multivariat.....	5
2.1.1 Uji Independensi	5
2.1.2 Distribusi Normal Multivariat	6
2.1.3 Homogenitas Matriks Varian Kovarians	7
2.1.4 <i>Multivariate Analysis of Variance</i> (MANOVA).....	8
2.2 Peta Kendali.....	10
2.2.1 Peta Kendali M	11
2.2.2 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu.....	12
2.3 Analisis Kapabilitas Proses	14
2.4 Diagram Sebab Akibat	16
2.5 Proses Produksi Rod	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Variabel Penelitian	21
3.2 Sumber Data	21
3.3 Langkah Analisis	22

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rod Fase I 25

 4.1.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali
 Multivariat 25

 4.1.2 Peta Kendali Produksi Rod 27

 4.1.3 Kapabilitas Proses Produksi Rod..... 29

4.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rod Fase II 30

 4.2.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali
 Multivariat..... 30

 4.2.2 Peta Kendali Produksi Rod 31

 4.2.3 Kapabilitas Proses Produksi Rod..... 35

4.3 Diagram Sebab Akibat Proses Produksi Rod 35

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 37

5.2 Saran..... 37

DAFTAR PUSTAKA 39

LAMPIRAN 41

BIODATA PENULIS..... 67

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 MANOVA.....	8
Tabel 2.2 Tabel Daerah Kritis <i>One-Way</i> MANOVA	9
Tabel 2.3 Struktur Data T^2 <i>Hotteling</i>	12

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat	16
Gambar 2.2 Peta Proses Operasi Produk Rod.....	17
Gambar 3.1 Diameter pada Rod.....	21
Gambar 3.2 Diagram Alir.....	23
Gambar 4.1 <i>Chi-square</i> Plot Fase I.....	26
Gambar 4.2 Peta Kendali M Fase I	27
Gambar 4.3 Peta Kendali M Fase I Perbaikan ke-1	28
Gambar 4.4 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Individu Fase I.....	29
Gambar 4.5 <i>Chi-square</i> Plot Fase II.....	31
Gambar 4.6 Peta Kendali M Fase II	32
Gambar 4.7 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Individu (a) Fase I, (b) Fase II	33
Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Individu Fase II.....	34
Gambar 4.9 Diagram Sebab Akibat	36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Proses Produksi Rod Desember 2017.....	41
Lampiran 2. <i>Output</i> Dependensi Variabel Fase I.....	42
Lampiran 3. <i>Syntax</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat.....	43
Lampiran 4. <i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat	45
Lampiran 5. Nilai d_i^2 Setiap Observasi.....	46
Lampiran 6. <i>Syntax</i> Peta Kendali M	47
Lampiran 7. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali M Fase I	49
Lampiran 8. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali M Fase I Perbaikan ke-1	50
Lampiran 9. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali M Fase II	51
Lampiran 10. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Individu Fase I.....	52
Lampiran 11. <i>Output</i> Analisis Peta Kendali T^2 <i>Hotelling</i> Individu Fase II.....	53
Lampiran 12. <i>Syntax</i> Kapabilitas Proses	54
Lampiran 13. <i>Output</i> Kapabilitas Proses.....	56
Lampiran 14. Data Proses Produksi Rod Januari 2018	57
Lampiran 15. <i>Output</i> Dependensi Variabel Fase II.....	58
Lampiran 16. <i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II	59
Lampiran 17. Nilai d_i^2 Setiap Observasi.....	60
Lampiran 18. <i>Output</i> Kapabilitas Proses Fase II	61
Lampiran 19. <i>Output</i> Pengujian Homogenitas.....	62
Lampiran 20. <i>Output</i> MANOVA	63
Lampiran 21. Surat Keterangan Perusahaan.....	64
Lampiran 22. Surat Pernyataan Keaslian Data	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi mobil termasuk jenis kendaraan bermotor yang saat ini semakin banyak digunakan oleh sebagian masyarakat, karena dapat menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari. Mobil memiliki beberapa komponen salah satunya adalah pintu, dimana pintu mobil memiliki komponen yang paling utama yaitu *door lock*. Fungsi *door lock* adalah mengunci atau membuka pintu kendaraan dengan satu langkah mudah, agar pintu mobil dapat terkunci dan terbuka secara sempurna, maka ada elemen pengait yang menghubungkan antara *handle* pintu dengan *door lock* disebut dengan batang besi (rod). Perusahaan yang memproduksi rod salah satunya adalah PT. X.

PT. X merupakan salah satu industri komponen otomotif terbaik di Indonesia yang merupakan *supplier* Toyota, Daihatsu, Honda, Suzuki dan Isuzu. Perusahaan tersebut memproduksi *spare part* mobil yakni *door lock*, *clutch disc*, dan *door frame*, produk utama yang di produksi adalah *door lock*. Proses produksi rod terdiri dari *cutting*, bubut, *bending*, *plating*, *marking* dan *packing*, yang paling diperhatikan adalah proses bubut, karena merupakan proses yang paling rumit sehingga banyak terjadi produk cacat, jika terdapat produk cacat maka langsung dibuang.

Karakteristik kualitas pada proses bubut dari produk rod adalah diameter 1, diameter 2, dan diameter 3. Karakteristik kualitas tersebut terletak di ujung rod yang berfungsi untuk menghubungkan ke *handle pintu*, dimana ketiga karakteristik kualitas rod saling berhubungan karena dalam pembuatan jika diameter 1 diluar batas spesifikasi maka diameter 2 dan diameter 3 juga diluar batas spesifikasi, begitupun sebaliknya. Jika terdapat diameter yang tidak sesuai dengan batas spesifikasi maka produk tersebut tidak bisa di pasang ke *door lock*, karena jika diameter rod terlalu kecil akan mudah terlepas jika di pasang dan

sebaliknya jika diameter rod terlalu besar maka tidak bisa di pasang ke *door lock*.

1.2 Rumusan Masalah

Rod merupakan batang besi yang berfungsi sebagai elemen pengait yang menghubungkan *handle* pintu dengan *door lock*. Rod yang digunakan merupakan rod untuk mobil Honda Brio, karena merupakan permintaan yang paling banyak. Proses produksi yang paling diperhatikan adalah proses bubut, karena merupakan proses yang paling rumit sehingga banyak terjadi produk cacat, jika terdapat produk cacat maka langsung dibuang. Karakteristik kualitas yang dimiliki yaitu diameter 1, diameter 2 dan diameter 3 jika tidak sesuai dengan batas spesifikasi maka tidak bisa di pasang ke *door lock*. Perusahaan hanya menggunakan *check sheet* dalam memeriksa kualitas suatu produk dan kualitas produk belum pernah dilakukan pengendalian kualitas secara statistik, sehingga perusahaan tidak mengetahui penyebab secara spesifik yang berdampak pada kualitas rod. Maka dari itu dilakukan pengendalian kualitas secara statistik untuk mengetahui apakah produksi rod sudah sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui apakah proses bubut pada produksi rod sudah kapabel.
2. Mengetahui penyebab-penyebab terjadinya ketidaksesuaian produk rod.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dengan mengetahui kapabilitas proses, maka dapat meningkatkan kualitas produk, sedangkan ketika kemampuan proses kapabel maka harus dipertahankan kualitas produknya. Dengan mengetahui penyebab

terjadinya ketidaksesuaian dapat meminimalisir produk cacat, sehingga dapat meningkatkan kualitas proses bubut pada produksi rod di PT. X.

1.5 Batasan masalah

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil pada pemeriksaan produk rod Honda Brio pada proses bubut yang diproduksi di PT. X pada periode bulan Desember 2017 dan Januari 2018.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Multivariat

Analisis statistika multivariat merupakan analisis statistika yang digunakan pada data yang terdiri dari banyak variabel dan antar variabel saling berhubungan. Teknik analisis multivariat secara dasar diklasifikasi menjadi dua, yaitu analisis dependensi dan analisis interdependensi. Analisis dependensi berfungsi untuk menerangkan atau memprediksi variabel terikat dengan menggunakan dua atau lebih variabel bebas, yang termasuk dalam klasifikasi tersebut adalah analisis regresi linear berganda, analisis diskriminan, analisis varian multivariat, dan analisis korelasi. Analisis interdependensi berfungsi untuk memberikan makna terhadap seperangkat variabel atau membuat kelompok-kelompok secara bersama-sama, yang termasuk dalam analisis tersebut adalah analisis faktor, analisis kluster, dan *multidimensional scaling*. Asumsi yang harus terpenuhi yaitu uji independensi dan distribusi normal multivariat (Johnson & Wichern, 2007).

2.1.1 Uji Independensi

Uji independensi atau yang biasa disebut uji *Barlett* bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat homogenitas varians antar variabel dalam kasus multivariat. Jika variabel $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ bersifat saling bebas, maka matriks korelasi antar variabel sama dengan matriks identitas (Johnson & Wichern, 2007). Hipotesis yang digunakan adalah :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Variabel-variabel tidak saling berkorelasi atau independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Variabel-variabel saling berkorelasi atau dependen)

$$\text{Statistik Uji } (\chi^2_{\text{hitung}}) = - \left\{ n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

H_0 ditolak jika nilai $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha; \frac{1}{2}p(p-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

dimana

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ip} - \bar{x}_p)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (x_{ip} - \bar{x}_p)^2 \right]}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

p : jumlah karakteristik kualitas

n : jumlah observasi

\mathbf{R} : matriks korelasi antar variabel

j : 1, 2, ..., p

i : 1, 2, ..., n

2.1.2 Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat adalah pengembangan dari bentuk distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu dan digunakan pada sekelompok data yang memiliki hubungan. Apabila terdapat sejumlah variabel p dinyatakan dalam bentuk vector $\mathbf{X}' = [\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_p]$ yang mengikuti distribusi normal multivariat dengan parameter $\boldsymbol{\mu}$ dan $\boldsymbol{\Sigma}$ (Johnson dan Whincern, 2007).

Distribusi normal multivariat dapat diperiksa dengan menggambarkan *Chi-square plot*, dimana untuk membuat *Chi-square plot* terlebih dahulu menghitung setiap jarak pengamatan.

$$\mathbf{d}_i^2 = (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_i)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_i) \quad (2.4)$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{.1}^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{12} & s_{.2}^2 & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{1p} & s_{2p} & \cdots & s_{.p}^2 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

Keterangan :

i : pengulangan setiap ukuran subgrup, dimana $i = 1, 2, \dots, n$

j : jumlah karakteristik kualitas, dimana $j = 1, 2, \dots, p$

\mathbf{S}^{-1} : invers matrik varian kovarian

Langkah-langkah menggambarkan *Chi-square plot* sebagai berikut.

1. Mengurutkan nilai $d_1^2 \leq d_2^2 \leq \dots \leq d_i^2$ dari terkecil hingga terbesar.
2. Menentukan nilai q , dimana nilai q diperoleh dari $q = \chi_{p; ((n-i+0,5)/n)}^2$
3. Membuat *scatterplot* antara d_i^2 dan q , dikatakan berdistribusi normal multivariat apabila pada *Chi-square plot* membentuk suatu garis linier dan nilai-nilai $d_i^2 \leq \chi_{(p;\alpha)}^2$ berada disekitar 50%.

2.1.3 Homogenitas Matriks Varian Kovarians

Analisis statistika MANOVA membutuhkan syarat matriks varian kovarians yang homogen, untuk mengetahui apakah matriks varian kovarians homogen atau tidak maka dilakukan pengujian dengan menggunakan uji *Box's M* dengan hipotesis sebagai berikut (Johnson dan Whincern, 2007).

$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$ (matriks varian kovarians homogen)

H_1 : minimal ada satu matriks varian kovarians yang tidak homogen ($\Sigma_\ell \neq \Sigma_g$), dimana $\ell = 1, 2, \dots, g$

Statistik Uji (C) = $(1-u)M$ (2.6)

Dimana

$$u = \left[\frac{\sum_{\ell=1}^g 1}{\sum_{\ell=1}^g (n_{\ell} - 1)} - \frac{1}{\sum_{\ell=1}^g (n_{\ell} - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.7)$$

$$M = \left[\sum_{\ell=1}^g (n_{\ell} - 1) \right] \ln |S_{pooled}| - \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} [(n_{\ell} - 1) \ln |S_{\ell}|] \quad (2.8)$$

$$S_{pooled} = \frac{1}{\sum_{\ell=1}^g (n_{\ell} - 1)} \{ (n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_g - 1)S_g \} \quad (2.9)$$

H_0 ditolak jika $C > \chi^2_{p(p+1)(g-1)/2; \alpha}$.

2.1.4 Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) adalah teknik analisis yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua populasi atau lebih dalam kasus multivariat random sampel yang diperoleh dari g populasi (Johnson dan Wichern, 2007).

Persamaan model MANOVA untuk vektor-vektor rata-rata g populasi adalah sebagai berikut.

$$X_{\ell i} = \mu + \tau_{\ell} + e_{\ell i} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad \ell = 1, 2, \dots, g \quad (2.10)$$

Susunan tabel MANOVA dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1. MANOVA

Sumber Variasi	Matriks Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas
Perlakuan	$B = \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell} - \bar{\mathbf{x}})'$	$g - 1$
Residual	$W = \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell i} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell i} - \bar{\mathbf{x}}_{\ell})'$	$\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g$
Total	$B + W = \sum_{\ell=1}^g \sum_{i=1}^{n_{\ell}} (\bar{\mathbf{x}}_{\ell i} - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_{\ell i} - \bar{\mathbf{x}})'$	$\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - 1$

Beberapa asumsi yang harus dipenuhi sebelum melakukan pengujian sebagai berikut.

1. $\mathbf{X}_{\ell 1}, \mathbf{X}_{\ell 2}, \dots, \mathbf{X}_{\ell n}$ adalah sampel acak dengan ukuran n_{ℓ} dari sebuah populasi dengan rata-rata μ_{ℓ} . Sampel acak berasal dari populasi berbeda yang saling independen.
2. Matriks varian kovarian Σ antar perlakuan identik.
3. Setiap populasi memiliki distribusi multivariat normal.

Distribusi Λ^* (Wilks Lambda) dapat didekati dengan distribusi F dengan memenuhi kriteria sebagai berikut :

Tabel 2.2 Tabel Daerah Kritis *One-Way* Manova

Jumlah Variabel	Jumlah Grup	Distribusi Sampling
$p = 1$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g}{g-1} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{g-1, \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g}$
$p = 2$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g - 1}{g-1} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2(g-1), 2 \left(\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - g - 1 \right)}$
$p \geq 1$	$g = 2$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 1}{p} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{p, \sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 1}$
$p \geq 1$	$g = 3$	$\left(\frac{\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2p, 2 \left(\sum_{\ell=1}^g n_{\ell} - p - 2 \right)}$

H_0 ditolak, apabila $P_{\text{value}} < \alpha$ atau $F_{\text{hitung}} > F_{(\alpha; df 1; df 2)}$

Setelah menyusun tabel MANOVA, maka selanjutnya menghitung nilai *Wilk's Lambda* ditunjukkan pada persamaan (2.11) dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antar rata-rata)

$H_1 : \text{minimal ada satu rata-rata yang memberikan perbedaan } \tau_g \neq 0$

$$\text{Statistik uji } (\Lambda^*) = \frac{|W|}{|B + W|} \quad (2.11)$$

$$H_0 \text{ ditolak jika } \Lambda^* = \frac{|W|}{|B + W|} < \mu_{\alpha; (g-1, \sum n_i - g)}$$

2.2 Peta Kendali

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas produk berdasarkan jenis karakteristik kualitas hasil produksi dengan menggunakan metode statistik. Karakteristik kualitas terdapat dua jenis, yaitu variabel dan atribut. Karakteristik kualitas variabel adalah karakteristik kualitas produk dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur, misalnya lebar, panjang, dll, sedangkan karakteristik kualitas atribut adalah karakteristik kualitas suatu produk yang dinyatakan dengan kategori tertentu misalnya cacat atau tidak cacat dan lain-lain.

Peta kendali merupakan peta yang menggambarkan penyebaran kualitas hasil proses produksi dan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil produksi secara visual dimana terdapat batas kendali atas (BKA), garis tengah (GT) dan batas kendali bawah (BKB). Jika terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali maka proses produksi dikatakan tidak terkendali secara statistik. Peta kendali merupakan salah satu metode statistik yang terbagi menjadi dua yakni atribut dan variabel. Jika karakteristik kualitas atribut maka menggunakan peta kendali atribut, sedangkan karakteristik kualitas variabel maka menggunakan peta kendali variabel. Peta kendali atribut antara lain, peta p, peta np, peta c, dan peta u. Peta kendali variabel ada beberapa

macam, jika karakteristik kualitas hanya satu, maka digunakan peta kendali peta $\bar{x} - R$, peta $\bar{x} - S$, dan peta individu. Peta kendali variabel dibedakan lagi berdasarkan jumlah anggota subgroup dan hubungan antar variabel. Jika karakteristik kualitas lebih dari satu, saling berhubungan dan anggota subgroup berjumlah lebih dari satu, maka peta kendali yang digunakan adalah peta kendali T^2 Hotelling untuk memantau *mean* proses dan *Generalized Variance* untuk memantau variabilitas proses. Jika karakteristik kualitas lebih dari satu, saling berhubungan, dan anggota subgroup berjumlah satu maka peta kendali yang digunakan adalah peta kendali T^2 Hotelling individu untuk memonitoring *mean* proses dan peta kendali M untuk memonitoring variabilitas proses (Montgomery, 2013).

2.2.1 Peta Kendali M

Peta kendali M digunakan untuk mengontrol variabilitas proses pada peta kendali multivariat dengan pengamatan individu. Nilai statistik untuk Peta Kendali M didasarkan pada rumus $x_{i+1} - x_i$ yang diperoleh dari matriks \mathbf{V} dengan ditunjukkan pada Persamaan (2.12) (Montgomery, 2013).

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} (\mathbf{X}_{2j} - \mathbf{X}_{1j})' \\ (\mathbf{X}_{3j} - \mathbf{X}_{2j})' \\ \vdots \\ (\mathbf{X}_{nj} - \mathbf{X}_{(n-1)j})' \end{bmatrix}, i = 1, 2, 3, \dots, n-1 \quad (2.12)$$

Plot data pada peta kendali M, batas kendali atas, dan batas kendali bawah dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut (Khoo dan Quah, 2003).

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2} \mathbf{V}'\mathbf{S}^{-1}\mathbf{V} \quad (2.13)$$

$$\mathbf{U}'\mathbf{U} = \frac{1}{2} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij}) \quad (2.14)$$

$$\mathbf{M}_i = \frac{1}{2} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{(i+1)j} - \mathbf{X}_{ij}) \quad (2.15)$$

$$\text{BKA} = \chi_{(p, \alpha/2)}^2 \quad (2.16)$$

$$\text{BKB} = \chi_{(p, 1 - (\alpha/2))}^2 \quad (2.17)$$

Keterangan :

$U^*U = M_i$: Matriks plot data untuk peta kendali M

v : *Successive Different* (selisih antara 2 vektor pengamatan yang saling berurutan)

Jika plot pada peta kendali M berada di atas batas atas atau berada di bawah batas bawah maka variabilitas proses tidak terkendali secara statistik. Setelah variabilitas proses telah terkendali secara statistik maka dilanjutkan dengan pembuatan peta kendali T^2 *Hotelling* individu.

2.2.2 Peta Kendali T^2 *Hotelling* Individu

Peta Kendali T^2 *Hotelling* individu digunakan untuk mengendalikan *mean* proses produksi apakah sudah terkendali secara statistik atau belum, dengan pengamatan individu dimana terdapat lebih dari satu karakteristik kualitas yang diduga saling berhubungan. Struktur data ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.3 Struktur Data T^2 *Hotelling*

Sampel ke- (i)	Karakteristik Kualitas ke- (j)				
	X_1	....	X_j	....	X_p
1	X_{11}	....	X_{1j}	....	X_{1p}
2	X_{21}	....	X_{2j}	....	X_{2p}
:	:	:	:
i	X_{i1}	....	X_{ij}	....	X_{ip}
:	:	:	:
N	X_{n1}	....	X_{nj}	....	X_{np}
Rata-rata	$\bar{X}_{.1}$	....	$\bar{X}_{.j}$	....	$\bar{X}_{.p}$
Varians	$S_{.1}^2$	....	$S_{.j}^2$	....	$S_{.p}^2$

Keterangan :

x_{ij} : nilai pengamatan pada observasi ke-i dan karakteristik kualitas ke-j

Plot data pada peta kendali T^2 Hotelling individu, batas kendali atas, dan batas kendali bawah dapat diperoleh menggunakan Persamaan (2.18), (2.22), dan (2.23).

$$\mathbf{T}_i^2 = (\mathbf{x}_{ij} - \bar{x}_j)' \mathbf{Q}^{-1} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{x}_j) \quad (2.18)$$

$$\mathbf{Q}^{-1} = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}'\mathbf{V}}{(n-1)} \quad (2.19)$$

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \mathbf{v}'_{11} & \mathbf{v}'_{12} & \cdots & \mathbf{v}'_{1p} \\ \mathbf{v}'_{21} & \mathbf{v}'_{22} & \cdots & \mathbf{v}'_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{v}'_{(n-1),1} & \mathbf{v}'_{(n-1),2} & \cdots & \mathbf{v}'_{(n-1),p} \end{pmatrix} \quad (2.20)$$

$$\mathbf{V}_{ij} = \mathbf{X}_{(i+1),j} - \mathbf{X}_{ij} \quad (2.21)$$

Keterangan :

\mathbf{X}_{ij} : Vektor pengamatan sampel ke-i, karakteristik kualitas ke-j

$\bar{\mathbf{X}}_{ij}$: Vektor rata-rata dari sampel ke-i, karakteristik kualitas ke-j

\mathbf{V} : *Successive Difference* (Selisih antara dua vektor pengamatan yang saling berurutan)

Setelah diperoleh nilai pada Persamaan 2.18 maka dicari batas kendali atas dan batas kendali bawah. Terdapat dua batas kendali yaitu batas kendali fase I dan batas kendali fase II. Batas kendali fase I digunakan untuk mengetahui apakah *mean* proses pada fase I telah terkendali secara statistik atau tidak, jika telah terkendali secara statistik maka batas kendali yang digunakan pada fase II menggunakan batas kendali pada fase I yang dapat dilihat pada Persamaan (2.22).

$$\text{BKA} = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(n-p-1)}{2}} \quad (2.22)$$

$$\text{BKB} = 0$$

Batas kendali fase II digunakan ketika *mean* proses pada fase I tidak terkendali secara statistik maka perlu dibuat batas kendali baru pada fase II untuk mengetahui apakah *mean* proses pada fase II telah terkendali secara statistik atau tidak. Batas kendali fase II dapat dilihat pada Persamaan (2.23).

$$BKA = \frac{p(n+1)(n-1)}{n^2 - np} F_{\alpha, p, (n-p)} \quad (2.23)$$

$$BKB = 0$$

Proses produksi dikatakan terkendali jika plot T^2 *Hotteling* Individu berada dalam batas kendali atas dan batas kendali bawah.

2.3 Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah suatu analisis guna menaksir kemampuan yang merupakan bagian yang sangat penting dalam keseluruhan peningkatan kualitas (Kotz & Johnson, 1993). Suatu proses dikatakan kapabel jika :

- a. Proses dikatakan terkendali jika berada dalam batas kendali dan diluar batas kendali namun *random causes*.
- b. Memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan oleh pihak manajemen berdasarkan spesifikasi alat, pertimbangan-pertimbangan tertentu perusahaan atau juga berdasarkan permintaan konsumen.
- c. Mempunyai tingkat presisi (ukuran kedekatan nilai pengamatan yang satu dengan nilai pengamatan yang lain) dan akurasi (ukuran kedekatan nilai pengamatan dengan nilai target) yang tinggi.

Apabila peta kendali telah terkendali dan asumsi telah terpenuhi, analisis kapabilitas proses dapat dilakukan dengan menentukan indeks kapabilitas proses. Nilai indeks kapabilitas proses (C_p) multivariat dapat diperoleh pada Persamaan (2.24).

$$C_p = \frac{\mathbf{k}}{\chi_{\alpha, p}^2} \left[\frac{(m-1)p}{\mathbf{W}} \right]^{1/2} \quad (2.24)$$

$$W = \sum_{i=1}^m (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j)' \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j) \quad (2.25)$$

$$\mathbf{A}^{-1} = (\mathbf{x}'_{ij} \mathbf{x}_{ij})^{-1} \quad (2.26)$$

$$\mathbf{k}^2 = (\bar{\mathbf{X}}_{ij} - \xi_j)' \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{X}}_{ij} - \xi_j) \quad (2.27)$$

$$\xi_j = \frac{1}{2} (BSA + BSB) \quad (2.28)$$

Keterangan :

m : jumlah pengamatan yang telah terkendali

p : jumlah karakteristik kualitas

W : nilai jarak antar sampel

\mathbf{A}^{-1} : matriks varian kovarian

k : hasil dari selisih matriks rata-rata produk dengan nilai target

ξ_j : nilai target

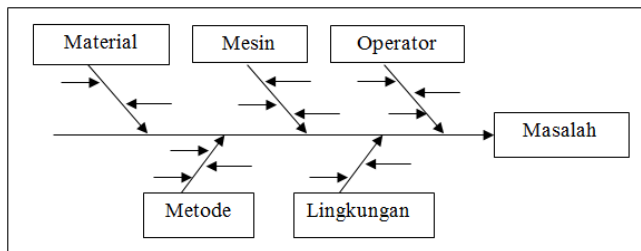
Adapun ketentuan dari nilai Cp adalah sebagai berikut.

1. $C_p < 1$, artinya batas spesifikasi perusahaan lebih kecil daripada sebaran data pengamatan. Proses ini dikatakan dalam keadaan kurang baik, karena banyak produk yang kualitasnya berada diluar batas spesifikasi.
2. $C_p = 1$, artinya batas spesifikasi perusahaan sama dengan sebaran data pengamatan. Proses ini dalam keadaan yang baik, tetapi masih perlu ditingkatkan kualitasnya.
3. $C_p > 1$, artinya batas spesifikasi perusahaan lebih besar daripada sebaran data pengamatan. Proses ini dikatakan dalam keadaan sudah baik tetapi perbaikan proses secara terus menerus masih tetap dilakukan.

2.4 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat atau biasa disebut *fishbone* diagram adalah diagram yang menunjukkan penyebab-penyebab dari sebuah even yang spesifik. Diagram sebab akibat diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa sehingga diagram ini biasa disebut dengan diagram *Ishikawa*. Diagram sebab akibat juga disebut dengan

“tulang ikan” karena dalam rangka analisis diagram *fishbone* bentuknya ada kemiripan dengan tulang ikan, dimana ada bagian kepala (sebagai *effect*) dan bagian tubuh ikan berupa rangka serta duri-durinya digambarkan sebagai penyebab suatu permasalahan yang timbul. Masalah-masalah klasik di industri manufaktur seperti keterlambatan proses produksi, tingkat kecacatan produk yang tinggi, mesin produksi yang sering mengalami masalah, produktivitas yang tidak mencapai target, komentar pelanggan yang terus berulang, dan lain sebagainya (Heizer dan Barry, 2011). Faktor-faktor umum dalam diagram sebab akibat yang digunakan untuk menentukan penyebab hasil produk cacat dikenal sebagai 4M + E yaitu *Man* (operator), *Material*, *Metode*, *Mesin* dan *Environment* (lingkungan) dapat dilihat pada gambar 2.1.

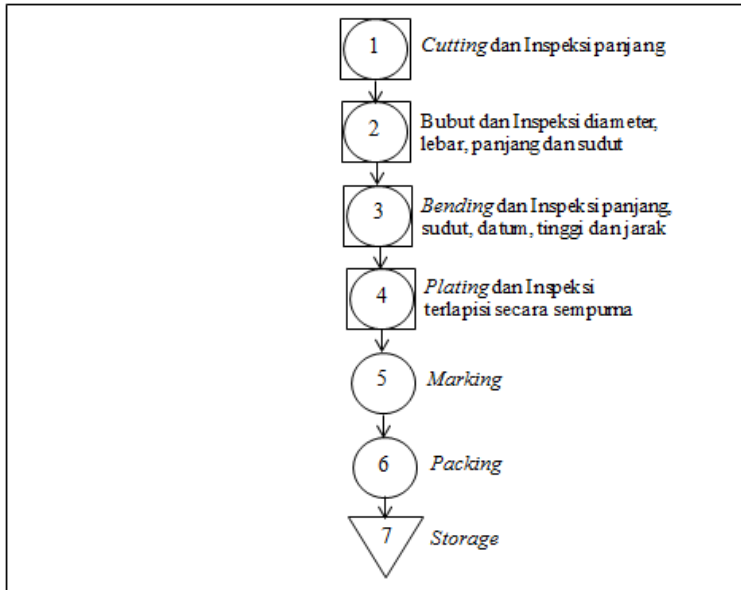


Gambar 2.1 Diagram Sebab Akibat

2.5 Proses Produksi Rod

Rod merupakan batang besi yang merupakan elemen pengait *handle* pintu mobil ke *door lock*. Peta proses operasi atau disingkat OPC (*Operation Process Chart*) merupakan peta kerja yang menggambarkan urutan kerja dengan jalan membagi pekerjaan tersebut ke dalam elemen-elemen operasi secara detail. Peta proses operasi untuk membuat produk rod mengalami beberapa tahapan proses produksi, yaitu *cutting*, bubut, *bending*, *plating*, *marking* dan *packing* dimana peta proses operasinya dapat dilihat pada Gambar 2.2. Fokus penelitian ini adalah pada proses bubut, hal ini dikarenakan pada proses bubut dihasilkan produk cacat terbanyak dan jika salah satu karakteristik kualitas

diluar batas spesifikasi maka langsung dikatakan produk defect. Produk *defect* adalah merupakan produk yang cacat dan sudah tidak dapat diperbaiki lagi.



Gambar 2.2 Peta Proses Operasi Produk Rod

2.5.1 Proses *Cutting* dan Inspeksi Panjang

Proses *cutting* adalah proses pemotongan dari raw material besi yang dipotong sesuai panjang material yang diinginkan, kemudian dilakukan inspeksi panjang oleh operator.

2.5.2 Proses Bubut dan Inspeksi Diameter, Lebar, Panjang dan Sudut

Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Proses bubut dalam proses produksi rod merupakan suatu proses pemakanan batang besi (rod) yang syaratnya dilakukan dengan cara memutar batang besi (rod) yang telah di cutting kemudian

dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dan batang besi (rod) sesuai dengan batas spesifikasi yang telah ditentukan. Hasil dari mesin bubut di inspeksi diameter, lebar, panjang dan sudut langsung oleh operator, pemeriksaan secara visual dilakukan untuk melihat apakah ada produk cacat pada batang besi (rod). Jika ada produk cacat pada proses bubut maka langsung dibuang (*reject*).

2.5.3 Proses *Bending* dan Inspeksi Panjang, Sudut, Datum, Tinggi dan Jarak

Bending merupakan pengerjaan dengan cara memberi tekanan pada bagian tertentu sehingga terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk yang terjadi pada benda secara permanen) pada bagian yang diberi tekanan. Proses *bending* batang besi (rod) merupakan proses penekukan atau pembengkokan menggunakan mesin cnc comco (*bending* otomatis). Hasil dari mesin *bending* di inspeksi panjang, sudut, datum, tinggi dan jarak langsung oleh operator dan pemeriksaan secara visual dilakukan untuk melihat apakah ada produk cacat pada hasil *bending* batang besi (rod).

2.5.4 Proses *Plating* dan Inspeksi Terlapis secara Sempurna

Proses *plating* adalah salah satu teknik melapis logam menggunakan *chromium* sebagai pelapis ke permukaan logam yang hendak dilapis, proses *plating* dilakukan agar rod tidak mudah berkarat. Hasil dari proses *plating* di inspeksi langsung oleh operator dan pemeriksaan secara visual dilakukan untuk melihat apakah ada rod yang belum terlapis secara sempurna.

2.5.5 Proses *Marking*

Marking merupakan suatu proses pemberian warna pada rod yang berfungsi untuk mempermudah membedakan rod kanan dan kiri.

2.5.6 Proses *Packing*

Proses *packing* merupakan proses terakhir dimana semua produk di *packing* sesuai dengan ukuran yakni 25 pcs/bundle dan setiap kotak 100 pcs/box.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

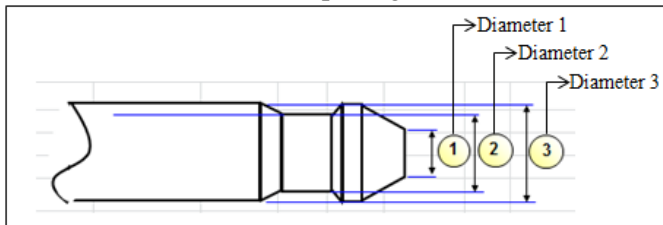
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Produk yang digunakan dalam penelitian ini adalah rod yang di proses di mesin bubut dengan karakteristik kualitas adalah.

1. Diameter 1 (X_1) dengan batas spesifikasi $3 \pm 0,3$ mm
2. Diameter 2 (X_2) dengan batas spesifikasi $3,5 \pm 0,2$ mm
3. Diameter 3 (X_3) dengan batas spesifikasi $5 \pm 0,1$ mm

Ketiga diameter tersebut terletak di ujung rod yang berfungsi untuk menghubungkan *handle pintu* dengan *door lock*, dimana ketiga diameter tersebut saling berhubungan karena dalam pembuatan jika ukuran diameter 1 bertambah maka ukuran diameter 2 dan diameter 3 juga bertambah ataupun berkurang, begitupun sebaliknya. Jika terdapat diameter yang tidak sesuai dengan batas spesifikasi maka produk tersebut tidak bisa di pasang ke *door lock*, karena jika diameter rod terlalu kecil akan mudah terlepas jika di pasang dan sebaliknya jika diameter rod terlalu besar maka tidak bisa di pasang ke *door lock*.



Gambar 3.1 Diameter pada Rod

3.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari bagian departemen *quality control* di PT. X. Produk yang digunakan adalah produk rod yang diproses di mesin bubut pada bulan Desember 2017 sebagai fase I dan bulan Januari 2018 sebagai fase II. Fase II digunakan untuk membandingkan dengan fase I apakah dilakukan perbaikan atau

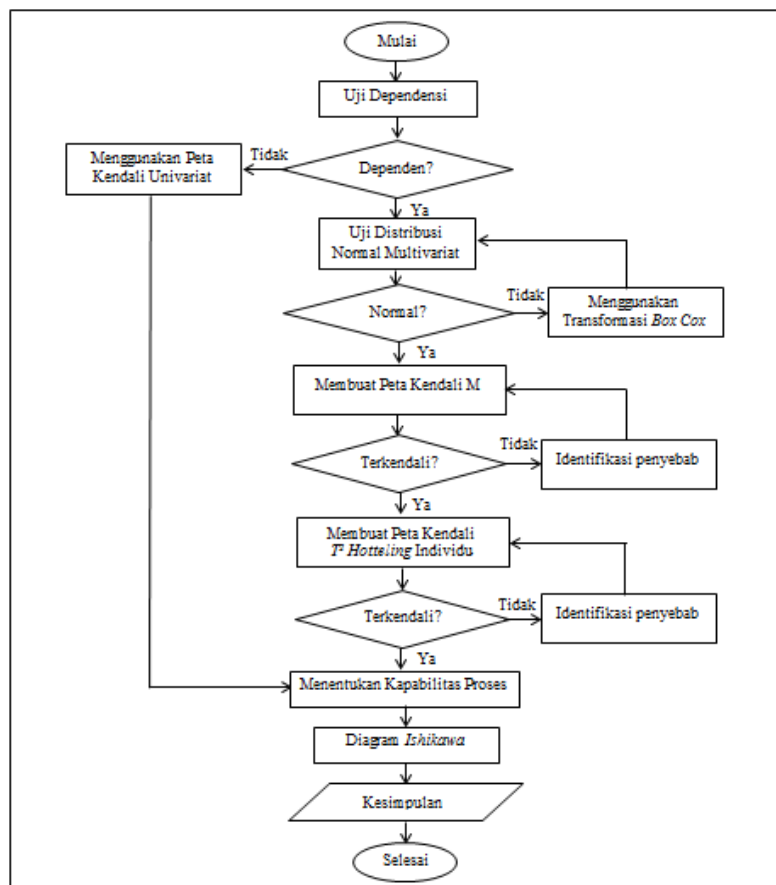
tidak, tetapi karena tidak dapat melakukan perbaikan maka dilihat apakah ada pergeseran proses atau tidak. Struktur data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.3 dengan keterangan i sebagai sampel sebanyak 14 pada bulan Desember 2017 dan 15 pada bulan Januari 2018, j sebagai jumlah karakteristik kualitas sebanyak 3 yaitu diameter 1, diameter 2 dan diameter 3.

3.3 Langkah Analisis

Langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengujian asumsi terhadap data hasil pemeriksaan proses bubut produk rod.
 - a. Melakukan pengujian independensi.
 - b. Melakukan pengujian asumsi distribusi normal multivariat.
2. Melakukan analisis pengendalian kualitas proses bubut produk rod.
 - a. Melakukan peta kendali M
 - b. Melakukan peta kendali T^2 *Hotteling* Individu
 - c. Menganalisis kapabilitas proses
 - d. Menganalisis diagram ishikawa
3. Menarik kesimpulan dan memberikan saran.

Diagram alir dari langkah analisis data pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai analisis kapabilitas proses produksi rod di PT. X. Analisis yang dilakukan terbagi menjadi dua fase, dimana data produksi rod pada bulan Desember 2017 sebagai fase I dan data produksi rod pada bulan Januari 2018 sebagai fase II. Analisis fase II digunakan untuk perbandingan dengan fase I untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan kualitas hasil produksi bulan Desember 2017 dan Januari 2018.

4.1 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rod Fase I

Sebelum melakukan analisis kapabilitas proses, maka proses produksi harus terkendali secara statistik. Dimana asumsi yang harus terpenuhi yaitu antar variabel kualitas harus dependen dan berdistribusi normal multivariat.

4.1.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali Multivariat

Pengujian independensi antar variabel dan pemeriksaan distribusi normal multivariat adalah sebagai berikut.

a. Uji Independensi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan antar variabel, hipotesis dan hasil pengujian sebagai berikut.

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Variabel diameter 1, diameter 2, dan diameter 3 tidak saling berkorelasi atau independen)

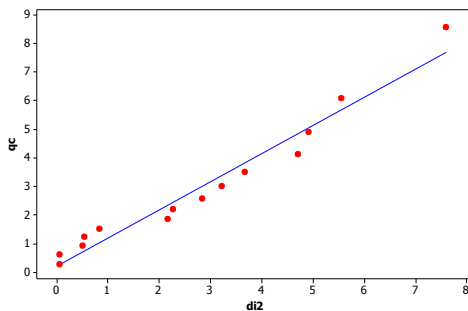
$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Variabel diameter 1, diameter 2, dan diameter 3 saling berkorelasi atau dependen)

Untuk menentukan statistik uji digunakan Persamaan (2.1) dan data pada Lampiran 1, diperoleh *output* komputer pada Lampiran 2 dimana nilai χ^2_{hitung} adalah 4,372, dengan taraf

signifikan 5% diperoleh nilai $\chi^2_{(0,05;3)}$ sebesar 7,814 maka χ^2_{hitung} lebih kecil daripada $\chi^2_{(0,05;3)}$ dan P_{value} sebesar 0,224 lebih dari α (0,05), sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang berarti variabel diameter 1, diameter 2, dan diameter 3 tidak saling berkorelasi atau independen. Meskipun secara perhitungan statistik diperoleh hasil bahwa antar variabel independen, namun proses secara teknis menunjukkan bahwa antara variabel saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis secara multivariat.

b. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan pada ketiga variabel yakni diameter 1, diameter 2 dan diameter 3 pada lampiran 1. Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat *Chi-square* plot antara d_i^2 pada Lampiran 5 dan q pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Chi-square* Plot Fase 1

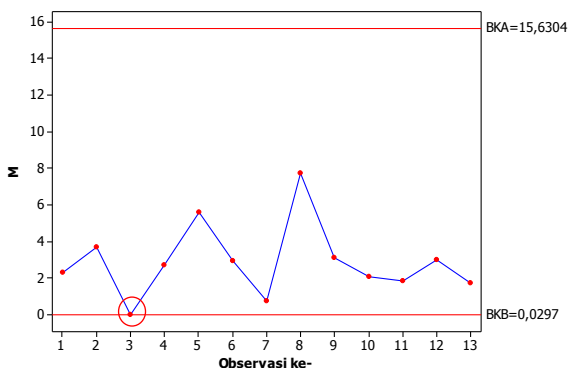
Gambar 4.1 secara visual menunjukkan bahwa *plot* yang terbentuk telah mengikuti garis normal. Selain itu, diperoleh nilai proporsi sebesar 0,50 pada Lampiran 4 yang setara dengan 50% dimana nilai tersebut sama dengan 50% sehingga, dapat disimpulkan bahwa data produksi rod fase I berdistribusi normal multivariat.

4.1.2 Peta Kendali Produksi Rod

Analisis pengendalian kualitas produksi rod menggunakan peta kendali M untuk mengontrol variabilitas proses dan peta kendali T^2 *Hottelling* individu untuk mengukur *mean* proses produksi telah terkendali secara statistik atau tidak.

a. Peta Kendali M

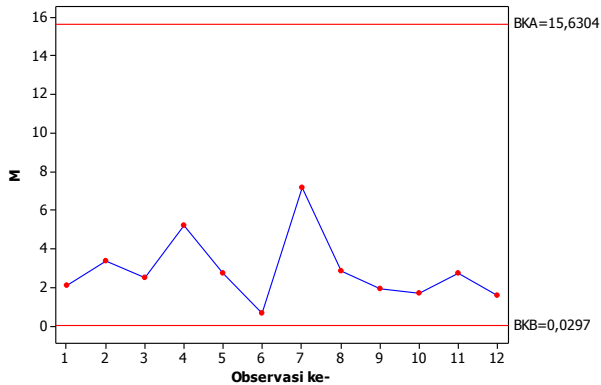
Peta kendali M digunakan untuk mengontrol variabilitas proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu dengan menggunakan Persamaan (2.15), (2.16), (2.17) serta Lampiran 1 dan plot pada Lampiran 7, maka diperoleh peta kendali M yang disajikan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta Kendali M Fase I

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa variabilitas pada proses produksi rod fase I terdapat satu pengamatan yang keluar dari batas kendali, yaitu pada pengamatan ke-3, dimana batas kendali atas sebesar 15,6304 dan batas kendali bawah sebesar 0,0297. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas dari proses produksi rod fase I belum terkendali secara statistik dikarenakan terjadi masalah pada *turning machine*, maka dari itu dilakukan analisis kembali dengan menghilangkan pengamatan ke-3.

Gambar 4.3 merupakan peta kendali M setelah dilakukan perbaikan pertama dengan menghilangkan pengamatan ke-3 yang sesuai plot pada Lampiran 8 dan perhitungan batas kendali baru sebagaimana rumus pada Persamaan (2.15), (2.16), dan (2.17).



Gambar 4.3 Peta Kendali M Fase I Perbaikan ke-1

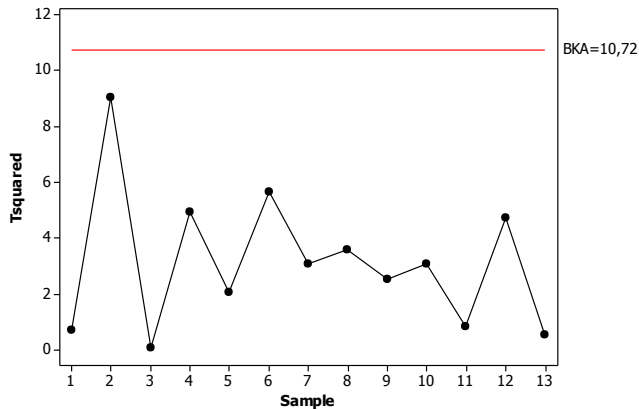
Gambar 4.3 menunjukkan hasil bahwa tidak ada pengamatan yang diluar batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 15,6304 dan batas kendali bawah sebesar 0,0297, dengan begitu variabilitas proses produksi rod fase I telah terkendali secara statistik dan dapat dilanjutkan pada analisis *mean* proses dengan peta kendali T^2 Hotelling individu.

b. Peta Kendali T^2 Hotelling Individu

Peta kendali T^2 Hotelling individu digunakan untuk memonitoring *mean* proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu, dengan menggunakan Persamaan (2.18), (2.22) dan plot pada Lampiran 10 maka diperoleh peta kendali T^2 Hotelling Individu yang disajikan pada gambar 4.4.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa *mean* proses pada produksi rod fase I tidak terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 10,72 dan batas kendali bawah sebesar 0. Kesimpulan yang dapat diambil

bahwa *mean* proses pada proses produksi rod fase I telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis berikutnya, yaitu analisis kapabilitas proses dari proses produksi rod fase I.



Gambar 4.4 Peta Kendali T^2 *Hotelling* Individu Fase I

4.1.3 Kapabilitas Proses Produksi Rod

Setelah melakukan analisis variabilitas proses serta *mean* proses pada proses produksi rod fase I dan didapatkan hasil yang telah terkendali, selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas proses untuk menaksir kemampuan proses produksi dengan cara menghitung sebagaimana pada Persamaan (2.24) dengan *syntax* pada Lampiran 12 dan diperoleh *output* pada Lampiran 13. Proses produksi dikatakan kapabel atau baik apabila memiliki nilai C_p sama dengan 1 dan sangat baik jika nilai C_p lebih dari satu, sedangkan jika nilai C_p kurang dari satu maka proses produksi tidak kapabel atau dalam keadaan kurang baik. Hasil proses produksi rod fase I pada bulan Desember 2017 diperoleh C_p sebesar 1,66, hal tersebut menunjukkan bahwa proses produksi rod memiliki kemampuan proses yang sangat baik, tetapi perbaikan proses secara terus menerus masih tetap dilakukan.

4.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rod Fase II

Analisis kapabilitas proses produksi rod fase II menggunakan data hasil dari proses produksi rod bulan Januari 2018 untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran proses atau tidak.

4.2.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali Multivariat

Pengujian independensi antar variabel dan pemeriksaan distribusi normal multivariat fase II adalah sebagai berikut.

a. Uji Independensi

Uji independensi dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan antara variabel diameter 1, diameter 2 dan diameter 3 apakah dependen atau tidak. Hipotesis dan hasil dari pengujian dependensi antara variabel sebagai berikut.

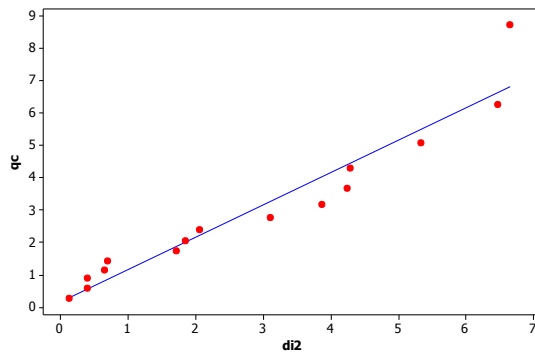
$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Variabel diameter 1, diameter 2, dan diameter 3 tidak saling berkorelasi atau independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Variabel diameter 1, diameter 2, dan diameter 3 saling berkorelasi atau dependen)

Untuk menentukan statistik uji digunakan Persamaan (2.1) dan data pada Lampiran 14, diperoleh *output* komputer pada Lampiran 15 dimana nilai χ_{hitung}^2 adalah 4,534, dengan taraf signifikan 5% maka diperoleh nilai $\chi_{(0,05;3)}^2$ sebesar 7,814 maka χ_{hitung}^2 lebih kecil dibandingkan dengan $\chi_{(0,05;3)}^2$ dan P_{value} sebesar 0,209 lebih dari α (0,05), sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang berarti variabel diameter 1, diameter 2, dan diameter 3 tidak saling berkorelasi atau independen. Meskipun secara perhitungan statistik diperoleh hasil bahwa antar karakteristik kualitas independen, namun proses secara teknis menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis secara multivariat.

b. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan pada ketiga variabel yakni diameter 1, diameter 2 dan diameter 3 pada lampiran 14, untuk mengetahui apakah proses produksi rod telah berdistribusi normal multivariat atau tidak. Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat *Chi-square* plot antara d_i^2 pada lampiran 17 dan q pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 *Chi-square Plot* Fase II

Gambar 4.5 secara visual menunjukkan bahwa *plot* yang terbentuk telah mengikuti garis normal. Selain itu, diperoleh nilai proporsi sebesar 0,53 pada Lampiran 16 yang setara dengan 53% dimana nilai tersebut berada disekitar 50%, sehingga dapat disimpulkan bahwa data produksi rod berdistribusi normal multivariat.

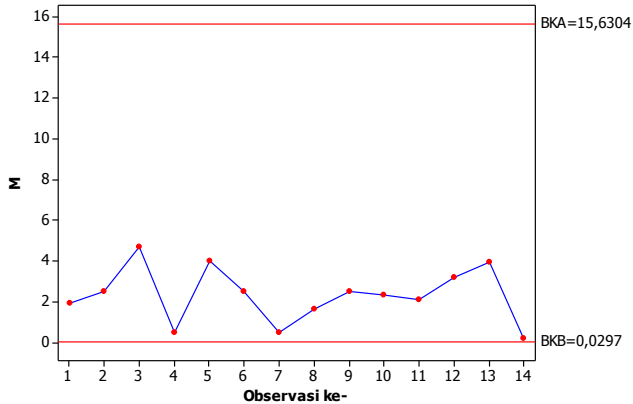
4.2.2 Peta Kendali Produksi Rod

Analisis pengendalian kualitas pada fase II digunakan untuk mengetahui apakah dilakukan perbaikan atau tidak setelah diketahui pengamatan pada fase I *out of control*, karena tidak dapat melakukan perbaikan maka hanya dapat diketahui apakah terjadi pergeseran proses atau tidak. Hasil peta kendali M untuk mengontrol variabilitas proses, serta peta

kendali T^2 *Hottelling* individu untuk mengukur *mean* proses sebagai berikut.

a. Peta Kendali M

Peta kendali M digunakan untuk mengontrol variabilitas proses untuk data multivariat dengan pengamatan secara individu pada fase II dengan menggunakan Persamaan (2.15), (2.16), (2.17) dan data pada Lampiran 14, serta plot pada Lampiran 9 maka diperoleh peta kendali M yang disajikan pada gambar 4.6.



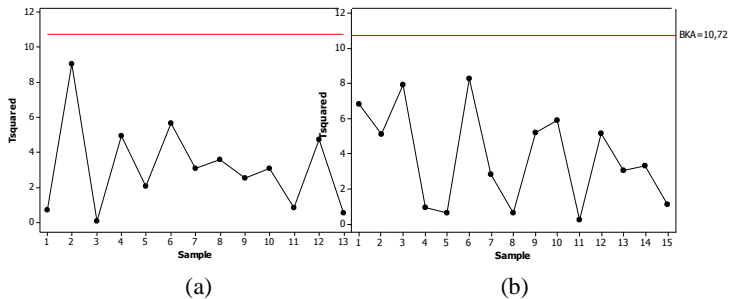
Gambar 4.6 Peta Kendali M Fase II

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa variabilitas pada proses produksi rod fase II di bulan Januari tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali atas sebesar 15,6304 dan batas kendali bawah 0,0297, yang berarti variabilitas dari proses produksi rod fase II telah terkendali secara statistik. Selanjutnya, dapat dilanjutkan pada analisis *mean* proses dengan peta kendali T^2 *Hottelling* individu.

b. Peta Kendali T^2 *Hottelling* Individu

Pengendalian variabilitas proses yang telah terkendali berdasarkan pengamatan individu dapat dilanjutkan

pengendalian terhadap *mean* proses menggunakan Peta Kendali T^2 Hotelling Individu. Batas Kendali yang digunakan pada fase II masih tetap menggunakan Batas Kendali pada fase I menggunakan Persamaan (2.22) untuk plot pengamatan data fase II menggunakan Persamaan (2.18) data Lampiran 14 serta plot Lampiran 11. Hasil pengendalian *mean* proses produksi dengan Peta Kendali T^2 Hotelling Individu dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu (a) Fase I, (b) Fase II

Gambar 4.7 (a) dan Gambar 4.7 (b) menunjukkan secara visual bahwa *mean* proses produksi rod memiliki fluktuasi plot-plot pengamatan yang stabil, serta tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali atas sebesar 10,72 dan batas kendali bawah sebesar 0. Tetapi tetap perlu dilakukan analisis MANOVA agar dapat mengetahui adanya pergeseran proses atau tidak.

Asumsi yang harus terpenuhi sebelum menggunakan analisis MANOVA yaitu uji homogenitas matriks varians kovarians.

$$H_0 : \sum_1 = \sum_2 \text{ (matriks varians kovarians fase 1 dan fase 2 homogen)}$$

H_1 : minimal ada satu matriks varians kovarians fase I dan fase II yang tidak homogen

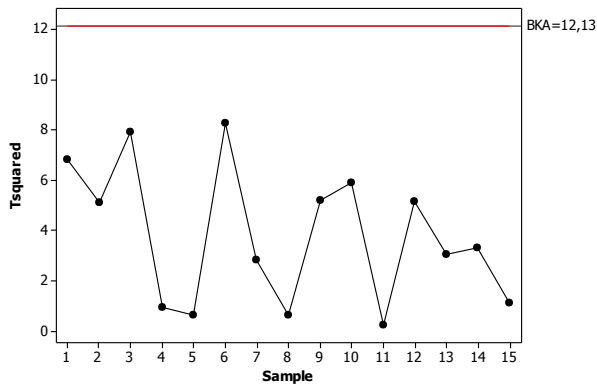
Dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5%, maka diperoleh hasil seperti Lampiran 19 yang didapatkan

bahwa nilai C sebesar 8,371 lebih kecil dari $\chi^2_{0,05;6}$ sebesar 12,591 dan P-value sebesar 0,294 lebih besar dari taraf signifikan sebesar 0,05. Sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang artinya adalah matriks varians kovarian fase 1 dan fase 2 homogen. Selanjutnya dapat dilakukan uji MANOVA sebagai berikut.

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata fase 1 dan rata-rata fase 2 pada proses produksi Rod)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \tau_g \neq 0 \neq 0$ (minimal ada satu rata-rata fase yang memberikan perbedaan pada proses produksi Rod)

Pengujian perbedaan rata-rata fase I dan II dengan menghitung nilai *Wilk's Lambda* dan taraf signifikan sebesar 5% didapatkan statistik uji F yang ditunjukkan pada Lampiran 20 sebesar 3,711 lebih besar dari $F_{0,05;3;24}$ yaitu sebesar 3,008 maka diperoleh keputusan H_0 ditolak, yang artinya minimal ada satu rata-rata fase yang memberikan perbedaan pada proses produksi Rod. Sehingga BKA dan BKB yang digunakan untuk fase II menggunakan Persamaan (2.23) pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Fase II

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa *mean* proses produksi Rod fase II tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 12,13 dan batas kendali bawah sebesar 0. Maka dapat disimpulkan bahwa *mean* proses pada produksi Rod fase II telah terkendali secara statistik sehingga dapat dilanjutkan pada analisis selanjutnya yaitu kapabilitas proses.

4.2.3 Kapabilitas Proses Produksi Rod

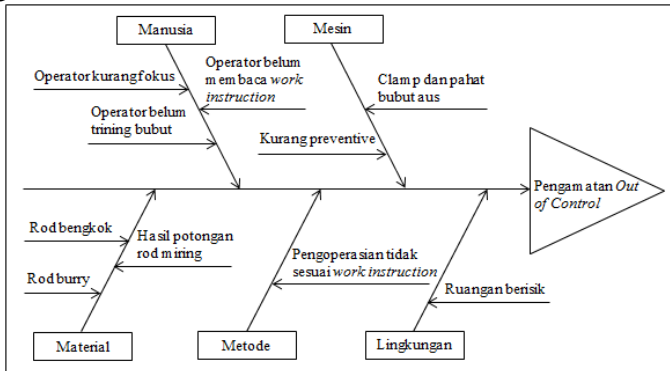
Setelah melakukan analisis variabilitas proses serta *mean* proses pada proses produksi rod fase II dan didapatkan hasil yang telah terkendali, selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas proses untuk menaksir kemampuan proses produksi dengan cara menghitung sebagaimana pada Persamaan (2.24) dengan *syntax* pada Lampiran 12 dan *output software* pada Lampiran 18. Proses produksi dikatakan kapabel atau baik apabila memiliki nilai C_p sama dengan 1 dan sangat baik jika nilai C_p lebih dari satu, sedangkan jika nilai C_p kurang dari satu maka proses produksi tidak kapabel atau dalam keadaan kurang baik. Hasil proses produksi rod pada bulan Januari 2018 diperoleh C_p sebesar 1,72, hal tersebut menunjukkan bahwa proses produksi rod memiliki kemampuan proses yang sangat baik karena nilai C_p lebih besar dari 1, tetapi perbaikan proses secara terus menerus masih tetap dilakukan.

4.3 Diagram Sebab Akibat Proses Produksi Rod

Diagram sebab akibat atau biasa disebut *fishbone* diagram digunakan untuk mencari faktor-faktor produk tidak sesuai dengan batas kendali. Hasil dari faktor – faktor yang menyebabkan tidak terkendalinya proses produksi rod sebagai berikut.

Gambar 4.9 menunjukkan diagram sebab akibat dari pengamatan proses produksi rod *out of control* yang disebabkan oleh faktor manusia, mesin, material, metode dan lingkungan.

Diduga penyebab dari faktor manusia adalah operator kurang konsentrasi saat bekerja karena kelelahan, operator yang belum trining bubut dan belum membaca *work instruction* karena operator tidak masuk kemudian diganti operator seadanya. Sedangkan dari faktor material adalah kualitas bahan baku rod yang buruk yang juga disebabkan karena faktor lingkungan yaitu kondisi ruangan berisik karena mesin lainnya. Penyebab dari faktor mesin adalah kurangnya perawatan pada mesin, clamp dan pahat bubut yang aus. Kemudian yang terakhir, penyebab dari faktor metode adalah pengoperasian mesin yang tidak sesuai dengan *work instruction*.



Gambar 4.9 Diagram Sebab Akibat

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis dapat diperoleh bahwa proses produksi rod pada bulan Desember 2017 telah terkendali secara statistik dengan Cp sebesar 1,66, sedangkan proses produksi rod pada bulan Januari 2018 juga telah terkendali secara statistik dengan Cp sebesar 1,72. Proses produksi rod bulan Desember 2017 dan Januari 2018 memiliki Cp meningkat dan sudah kapabel, tetapi terjadi pergeseran proses secara statistika.
2. Diagram sebab akibat dari pengamatan proses produksi rod *out of control* yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu operator kurang konsentrasi, operator yang belum trining bubut, belum membaca *work instruction*, kurangnya perawatan pada mesin, clamp, pahat bubut yang aus, kualitas bahan baku rod yang buruk, pengoperasian mesin yang tidak sesuai dengan *work instruction* dan kondisi ruangan berisik.

5.2 Saran

Saran untuk PT. X diharapkan lebih memperhatikan operator saat bekerja, memberi jadwal rutin untuk perawatan mesin, dan memberi pengarahan kepada karyawan akan pentingnya *work instruction* agar hasil proses produksi rod tidak melebihi batas spesifikasi yang telah ditentukan. Meskipun kemampuan proses kapabel, tetapi tetap harus dipertahankan kualitas produknya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Johnson, R. A., & Wichern, D. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Khoo, M. B., & Quah, S. H. 2003. *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based On Individual Observations* (Vol. 15). Penang, Malaysia: University Sains Malaysia.
- Kotz, S. dan Johnson, N.L. 1993. *Process Capability Indices*. Suffolk: Chapman & Hall
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction to Statistical Quality Control, Seventh Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LAMPIRAN**Lampiran 1.** Data Proses Produksi Rod Bulan Desember 2017

Sampel	Karakteristik Kualitas		
	Diameter 1 (mm)	Diameter 2 (mm)	Diameter 3 (mm)
1	3,067	3,410	5,000
2	3,133	3,400	4,967
3	3,033	3,417	5,000
4	3,033	3,417	5,000
5	3,067	3,423	5,067
6	2,933	3,407	4,967
7	2,967	3,440	4,967
8	3,033	3,440	5,000
9	2,967	3,383	4,967
10	3,033	3,407	5,033
11	3,133	3,417	5,033
12	3,033	3,400	5,000
13	2,900	3,423	4,967
14	3,000	3,407	5,000

Lampiran 2. *Output* Dependensi Variabel Fase I**KMO and Bartlett's Test^a**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,442
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4,372
	Df	3
	Sig.	,224

a. Based on correlations

Lampiran 3. Syntax Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Macro

```

NormalMultivariate X.1-X.p qc dj2
MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali d dj2 qc Prob
MMatrix MCova MCovaI xjxbar
#-- 1.1. Dapatkan Nilai dj2 --#
  let n=count(x.1)
  Covariance X.1-X.p MCova
  invers MCova MCovaI
  do i=1:n
    do j=1:p
      let xj(j)=x.j(i)-mean(x.j)
    enddo
    copy xj xjxbar
    mult MCovaI xjxbar Kali
    let d=Kali*xj
    let dj2(i)=sum(d)
  enddo
  sort dj2 dj2
#-- 1.2. Dapatkan Nilai qc --#
  do i=1:n
    let Prob(i)=1-(n-i+0.5)/n
  enddo
  INVCDF Prob qc;
  Chisquare p.
#-- 1.3 Buat Plot dj2 dengan qc --#
  plot qc*dj2;
  symbol.
#-- 2. Mencari Proporsi --#
  INVCDF 0.5 Tengah;
  Chisquare p.
  let Prop=0
  do i=1:n
    if dj2(i)<=Tengah

```

```
    let Prop=Prop+1
  endif
enddo
let Prop=Prop/n
print Prop
#-- 3. Mencari Nilai Korelasi --#
  corr qc dj2
name qc 'qc'
name dj2 'dj2'
endmacro
```

Lampiran 4. *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat**Scatterplot of C4 vs C5****Data Display**

Prop 0,500000

Correlations: C4; C5

Pearson correlation of C4 and C5 = 0,979

P-Value = 0,000

Lampiran 5. Nilai d_i^2 setiap observasi

d_i^2
0,067745
0,067745
0,513748
0,547293
0,838806
2,165934
2,280363
2,843637
3,226638
3,677562
4,704928
4,913479
5,556389
7,595735

Lampiran 6. *Syntax* Peta Kendali M

```

%Menghitung Matriks Kovarian
S=cov(data)
%Menghitung Successive Difference
n=m-1
for i=1:n
    for j=1:p
        k=i+1
        V(i,j)=data(k,j)-data(i,j)
    end
end

%Menghitung Statistik M
inv_S=inv(S)
Vt=V.'
for j=1:n
    M(j,1)=(1/2)*V(j,:)*inv_S*Vt(:,j)
end

%Menghitung Batas Kendali
ucl=chi2inv(1-(alpha/2),p)
lcl=chi2inv(alpha/2,p)

%Mata Kendali
for j=1:n
    bka(j,1)=ucl
end
for j=1:n
    bkb(j,1)=lcl
end
x=1:m-1
y=M
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali M Fase I')
xlabel('observasi ke-')

```

```
ylabel('M')
text(k,ucl,'UCL')
text(k,lcl,'LCL')

%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        o(j,1)=j; else o(j,1)=0
    end;
end;
obs=sum(o)
%Observasi Yang Keluar
for j=1:n
    if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
        obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
    end;
end;
obs_out=obs
```

Lampiran 7. *Output* Analisis Peta Kendali M Fase I

Plot Data Peta Kendali M	BKA	BKB
2,275283	15,6304	0,0297
3,658031	15,6304	0,0297
0	15,6304	0,0297
2,730245	15,6304	0,0297
5,606122	15,6304	0,0297
2,908972	15,6304	0,0297
0,709381	15,6304	0,0297
7,713452	15,6304	0,0297
3,094293	15,6304	0,0297
2,047118	15,6304	0,0297
1,847178	15,6304	0,0297
2,973164	15,6304	0,0297
1,732782	15,6304	0,0297

Lampiran 8. *Output* Analisis Peta Kendali M Fase I Perbaikan ke-1

Plot Data Peta Kendali M	BKA	BKB
2,100642	15,6304	0,0297
3,37692	15,6304	0,0297
2,520307	15,6304	0,0297
5,181525	15,6304	0,0297
2,699957	15,6304	0,0297
0,655321	15,6304	0,0297
7,160024	15,6304	0,0297
2,863183	15,6304	0,0297
1,897134	15,6304	0,0297
1,713972	15,6304	0,0297
2,744599	15,6304	0,0297
1,599561	15,6304	0,0297

Lampiran 9. *Output* Analisis Peta Kendali M Fase II

Plot Data Peta Kendali M	BKA	BKB
1,924533	15,6304	0,0297
2,491734	15,6304	0,0297
4,710135	15,6304	0,0297
0,46348	15,6304	0,0297
3,997874	15,6304	0,0297
2,518581	15,6304	0,0297
0,501511	15,6304	0,0297
1,633226	15,6304	0,0297
2,517925	15,6304	0,0297
2,300262	15,6304	0,0297
2,078294	15,6304	0,0297
3,170854	15,6304	0,0297
3,953208	15,6304	0,0297
0,178959	15,6304	0,0297

Lampiran 10. *Output* Analisis Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Fase I

Plot Peta Kendali T2 Hotelling	BKA	BKB
0,68	10,72	0
9,02	10,72	0
0,07	10,72	0
4,92	10,72	0
2,05	10,72	0
5,65	10,72	0
3,06	10,72	0
3,58	10,72	0
2,52	10,72	0
3,08	10,72	0
0,84	10,72	0
4,72	10,72	0
0,55	10,72	0

Lampiran 11. *Output* Analisis Peta Kendali T^2 Hotelling Individu Fase II

Plot Peta Kendali T2 Hotelling	BKA	BKB
6,82	10,72	0
5,09	10,72	0
7,92	10,72	0
0,93	10,72	0
0,65	10,72	0
8,27	10,72	0
2,82	10,72	0
0,65	10,72	0
5,19	10,72	0
5,89	10,72	0
0,24	10,72	0
5,13	10,72	0
3,06	10,72	0
3,3	10,72	0
1,12	10,72	0

Lampiran 12. *Syntax* Kapabilitas Proses

```

macro
cova x.1-x.p
mconstant n i t1 t2 t3 c.1-c.p k2 k chi cp sbaru
mcolumn x.1-x.p b.1-b.p vek.1-vek.14 cm1 sbr
mmatrix am1 am2 am3 ainv am5 am6 mm mtt mvek mvekt s
cm2 cm3 cm4 vo voin
noecho
let n=count(x.1)
define 0 1 1 s
print s
do i=1:p
let b.i=x.i-mean(x.i)
enddo
copy x.1-x.p am1
cova x.1-x.p vo
print vo
inve vo voin
print voin
trans am1 am2
mult am2 am1 am3
inve am3 ainv
print ainv
copy b.1-b.p mm
trans mm mtt
copy mtt vek.1-vek.14
do i=1:n
copy vek.i mvek
trans mvek mvekt
mult mvekt ainv am5
mult am5 mvek am6
add s am6 s
print i s
enddo
print s

```

```
copy s sbr
print sbr
copy sbr sbaru
print sbaru
let t1=3
let t2=3.5
let t3=5
let c.1=mean(x.1)-t1
let c.2=mean(x.2)-t2
let c.3=mean(x.3)-t3
print c.1-c.3
copy c.1-c.3 cm1
print cm1
trans cm1 cm2
trans cm2 cm3
print cm2
print cm3
mult cm2 voin cm4
print cm4
mult cm4 cm3 k2
print k2
let k=sqrt(k2)
print k
invcdf 0.9973 chi;
chis p.
print chi
let cp=(k/chi)*sqrt((n-1)*p/sbaru)
print cp
endmacro
```

Lampiran 13. *Output* Kapabilitas Proses**Data Display**

cp 1,66037

Lampiran 14. Data Proses Produksi Rod Bulan Januari 2018

Sampel	Karakteristik Kualitas		
	Diameter 1 (mm)	Diameter 2 (mm)	Diameter 3 (mm)
1	2,933	3,44	4,933
2	2,967	3,447	4,967
3	2,967	3,433	5
4	3	3,417	4,967
5	2,967	3,407	4,967
6	3,067	3,433	4,967
7	3	3,403	4,967
8	2,967	3,407	4,967
9	2,9	3,397	4,967
10	2,9	3,407	4,933
11	2,967	3,423	4,967
12	3,033	3,417	5
13	2,967	3,44	4,967
14	2,967	3,393	4,967
15	2,967	3,403	4,967

Lampiran 15. *Output* Dependensi Variabel Fase II**KMO and Bartlett's Test^a**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,475
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4,534
	Df	3
	Sig.	,209

Lampiran 16. *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat
Fase II

Scatterplot of C12 vs C13

Data Display

Prop 0,533333

Correlations: C12; C13

Pearson correlation of C12 and C13 = 0,959

P-Value = 0,000

Lampiran 17. Nilai d_i^2 setiap observasi

d_i^2
0,1459491
0,4164617
0,4164617
0,6716951
0,7091915
1,7308455
1,8639976
2,0646356
3,108014
3,8708707
4,2439392
4,2950086
5,3405481
6,4668432

Lampiran 18. *Output* Kapabilitas Proses Fase II**Data Display**

cp	1,71877
----	---------


Lampiran 19. Output Pengujian Homogenitas**Box's Test of Equality
of Covariance
Matrices^a**

Box's M	8,371
F	1,218
df1	6
df2	4603,013
Sig.	,294





Lampiran 20. Output MANOVA**Multivariate Tests^a**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	1,000	66331 1,887 ^b	3,000	24,0 00	,000	1,000
	Wilks' Lambda	,000	66331 1,887 ^b	3,000	24,0 00	,000	1,000
	Hotelling 's Trace	82913, 986	66331 1,887 ^b	3,000	24,0 00	,000	1,000
	Roy's Largest Root	82913, 986	66331 1,887 ^b	3,000	24,0 00	,000	1,000
VAR000 04	Pillai's Trace	,317	3,711 ^b	3,000	24,0 00	,025	,317
	Wilks' Lambda	,683	3,711 ^b	3,000	24,0 00	,025	,317
	Hotelling 's Trace	,464	3,711 ^b	3,000	24,0 00	,025	,317
	Roy's Largest Root	,464	3,711 ^b	3,000	24,0 00	,025	,317

Lampiran 21. Surat Keterangan Perusahaan



PT AISIN INDONESIA
EJIP Industrial Park Plot 5 J - Cikarang Selatan - Bekasi 17550 - Jawa Barat
Telp. : (021) 8970909, Fax : (021) 8970910 INDONESIA

SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

- Mahasiswa Departemen Statistika Bisnis FVOKASI-ITS dengan identitas berikut :

Nama	: Alya Zukhruvina
NRP	: 10611500000015


Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi	: PT. AISIN INDONESIA
Divisi/Bagian	: PRODUCTION ENGINEERING / MANUFACTURING PART

Bulan Desember 2017 dan Januari 2018 untuk keperluan Tugas Akhir/Final Project Semester Genap 2017/2018.
- ~~Tidak~~—Keberatan / Keberatan* nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir/Final Project mahasiswa Statistika Bisnis yang akan disimpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
- ~~Tidak~~—Keberatan / Keberatan* bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam E-journal yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.

Cikarang, 27 April 2018

GM Production Engineering



(Andi Gunanto)

NIK.0690

*(Coret yang tidak perlu).

Lampiran 22. Surat Pernyataan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Alya Zukhruvina
NRP : 1061150000015

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data
sekunder yang diambil dari :

Sumber : PT. AISIN INDONESIA
Keterangan : Data Production Engineering / Manufacturing Part


Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data,
maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Mengetahui,
GM Production Engineering,

Surabaya, 9 Mei 2018
Yang membuat Pernyataan,



(Andi Gunanto)
NIK. 0690



(Alya Zukhruvina)
NIP. 1061150000015

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT)
NIP. 19610311 198701 2 001

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Alya Zukhrvina lahir di Mojokerto, 27 Mei 1997 yang biasa dipanggil Alya merupakan anak ke-3 dari tiga bersaudara. Penulis merupakan warga negara Indonesia, beragama Islam, dan bertempat tinggal di Perumahan Griya Pertama Ijen D1/04 Mojokerto. Sebelum mencapai jenjang pendidikan di Departemen Statistika Bisnis ITS penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Yamina Mojokerto, SD TNH Mojokerto, SMP TNH Mojokerto, dan SMA TNH Mojokerto. Pada jenjang perkuliahan, penulis tumbuh dan berkembang di lingkungan yang sangat mendukung baik di bidang akademik maupun non akademik. Penulis merupakan bagian dari Keluarga HIMADATA-ITS dan HEROES 2015 dengan nomor sigma $\sigma_{02.010}$. Selain berkuliah penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi untuk menambah ilmu dan pengetahuan yang tidak didapat di bangku kuliah. Penulis berkiprah di HIMADATA-ITS sebagai bagian dari Staff KWU HIMADATA-ITS 16/17 di tahun ke-dua perkuliahan. Pada tahun ke-tiga perkuliahan, penulis mendapat amanah untuk menjadi Sekretaris KWU HIMADATA-ITS 17/18. Informasi lebih lanjut mengenai penulis, dapat dihubungi melalui *e-mail*: alyazukhrvina27@gmail.com dan No. HP: 0895410724587.